

JP-A-8-83905

L3 ANSWER 1 OF 1 WPIDS COPYRIGHT 2002 DERWENT INFORMATION LTD

AN 1996-219368 [22] WPIDS

DNN N1996-184331 DNC C1996-069529

TI Compound semiconductor epitaxial wafer for high electron mobility transistor - has buffer layer which contains one or more layers of indium aluminium gallium arsenide.

DC L03 U11 U12

PA (FURU) FURUKAWA ELECTRIC CO LTD

CYC 1

PI JP 08083905 A 19960326 (199622)\* 5p <--

ADT JP 08083905 A JP 1994-218831 19940913

PRAI JP 1994-218831 19940913

AN 1996-219368 [22] WPIDS

AB JP 08083905 A UPAB: 19960604

The epitaxial wafer has a semiconductor GaAs substrate (11) on which a buffer layer (16) is formed. Above the buffer layer, a number of epitaxial layers (12,14,15) and a planar doped layer (13) are sequentially formed. The buffer layer includes one or more layer of  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y-x}\text{As}$  compounds where x and y lie between 0 and 1.

ADVANTAGE - Secures enough mobility of 2D electron gas. Stabilises operation of HEMT.

Dwg.1/2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-83905

(43) 公開日 平成8年(1996)3月26日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/778				
21/338				
29/812				
21/20				

9171-4M

H 0 1 L 29/ 80

H

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-218831

(22) 出願日 平成6年(1994)9月13日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 池田 正清

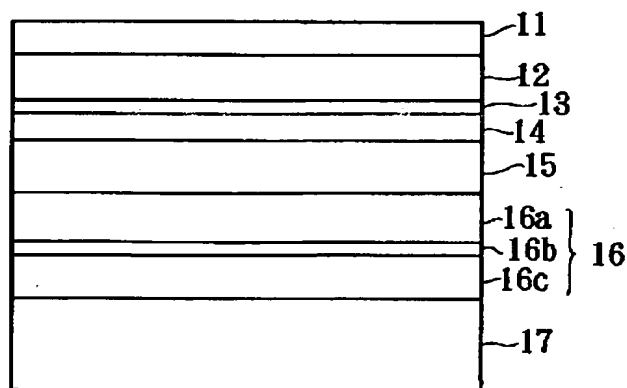
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 化合物半導体エピタキシャルウェハ

(57) 【要約】

【目的】 用いる基板の成長方法やそのロットなどに影響されず、常に安定して十分大きい2次元電子ガスの移動度が確保できる高電子移動度トランジスタ用の化合物半導体エピタキシャルウェハを提供することを目的とする。

【構成】 半絶縁性GaAs基板17上に、バッファ層16、プレーナードープ層13を用いた高電子移動度トランジスタ用積層構造を有するエピタキシャル層12~15を順次積層した化合物半導体エピタキシャルウェハにおいて、前記バッファ層16は1層以上の $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 層(但し、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ )を含む。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半絶縁性GaAs基板上に、バッファ層、プレーナードープを用いた高電子移動度トランジスタ用積層構造を有するエピタキシャル層を順次形成した化合物半導体エピタキシャルウェハにおいて、前記バッファ層は1層以上の $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 層（但し、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ ）を含むことを特徴とする化合物半導体エピタキシャルウェハ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、高電子移動度トランジスタ用の化合物半導体エピタキシャルウェハに関する。

## 【0002】

【従来の技術】電界効果トランジスタの一種である高電子移動度トランジスタ（High Electron Mobility Transistor: HEMT）は、低雑音特性を有する増幅素子として衛星放送受信機などに用いられている。このHEMTは、例えば図2に示すような構造をしており、以下のようにして作製する。即ち、GaAs基板7上にバッファ層6としてノンドープのGaAsまたはAlGaAsを0.5～1 $\mu\text{m}$ 成長した後、実際に2次元電子ガスの走行するチャンネル層5としてノンドープGaAsまたはInGaAsを10～30nm成長させる。次いで、スペーサ層4としてノンドープAlGaAsを1～10nm成長させた後、SiをAlGaAsに $10^{12}\text{cm}^{-2}$ 台程度の面濃度で吸着させてプレーナードープ層3を形成し、その後、キャップ層2としてノンドープAlGaAsを20nm成長させる。その後、コンタクト層1としてSiを $3 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 程度ドープした厚さ20nm程度のGaAs層を形成する。このコンタクト層1上に、ソース電極8、ドレイン電極9を形成し、キャップ層2上にゲート電極10を形成する。このようなエピタ

キシャルウェハは、HB法（水平ブリッジマン法）やLEC法（液体封止チョコラルスキー法）で成長させたGaAs単結晶の基板上に、通常MOCVD法やMBE法でエピタキシャル成長させて作製することができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、本発明者は、結晶の成長方法や成長ロットなどの異なる種々のGaAs基板を用意し、それぞれの基板上にHEMT用のプレーナードープ層を有するエピタキシャル層を形成してチャンネル層における2次元電子ガスの移動度を測定したところ、用いる基板により移動度に差がでることがわかった。例えば、LEC法で作製した基板上に成長させたチャンネル層における2次元電子ガスよりも、HB法で作製した基板上に成長させたチャンネル層における2次元電子ガスの方がより大きい移動度を示しており、特性上優れていることがわかった。

【0004】以下に、その一例を具体的に説明する。LEC法およびHB法で作製した（100） $2^\circ$ オフのGaAs基板上に、バッファ層となる厚さ800nmのノンドープGaAs、チャンネル層となる厚さ18nmのノンドープ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 、スペーサ層となる厚さ4または8nmのノンドープ $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 、キャリア供給層となるSiをAlGaAsに $10^{12}\text{cm}^{-2}$ 程度の面濃度で吸着させたプレーナードープ層、キャップ層となる厚さ20nmのノンドープ $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 、厚さ10nmのノンドープGaAsからなるエピタキシャルウェハを作製し、2次元電子ガスのシートキャリア濃度と移動度を77°Kで測定した。その結果を表1に示す。

## 【0005】

## 【表1】

サンプル	基板の製法	スペーサ層の厚さ (nm)	シートキャリア濃度 $n_s$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	移動度 $\mu$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )
1	LEC	4	$2.7 \times 10^{12}$	3600
2	HB	4	$2.6 \times 10^{12}$	6000
3	LEC	8	$1.5 \times 10^{12}$	18000
4	HB	8	$1.6 \times 10^{12}$	29000

【0006】表1の測定結果からわかるように、スペーサ層の厚みが4nmまたは8nmのいずれの場合も、LEC法で作製した基板上に成長させたHEMT構造よりも、HB法で作製した基板上に成長させたHEMT構造における方がより大きい2次元電子ガスの移動度を示している。したがってこの例では、2次元電子ガスの移動度が大きく、特性の低下のないHEMT用のエピタキシャルウェハを得るには、LEC法によるよりもHB法で

作製したGaAs基板を用いるの方が好ましいことがわかる。一方、LEC法とHB法を比較すると、LEC法の方が基板の大口径化が容易であり、かつ製造コストが小さい。従って、工業的には、LEC法で基板を作製することが望ましい。そこで、本発明では、用いる基板の成長方法やそのロットなどに影響されず、常に安定して十分大きい2次元電子ガスの移動度が確保できる高電子移動度トランジスタ用の化合物半導体エピタキシャルウェハ

(3)

ハを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために鋭意検討の結果、バッファ層の構造を変えることにより、チャンネル層の2次元電子ガスの移動度が大きく変化することを見出し、本発明に到達した。即ち、本発明の化合物半導体エピタキシャルウェハは、半絶縁性GaAs基板上に、バッファ層、プレーナードープを用いた高電子移動度トランジスタ用積層構造を有するエピタキシャル層を順次形成した化合物半導体エピタキシャルウェハにおいて、前記バッファ層は1層以上の $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 層(但し、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ )を含むことを特徴とする。

【0008】本発明においては、バッファ層として $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 層(但し、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ )を少なくとも1層含むことが必須であり、 $x$ および $y$ の値は、 $0.03 \leq x \leq 0.20$ および $0.05 \leq y \leq 0.35$ の範囲が好ましく、 $0.05 \leq x \leq 0.15$ および $0.15 \leq y \leq 0.30$ の範囲が特に好ましい。また、 $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 層は、単層で挿入するよりも、GaAs/ $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ もしくは $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}/\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ の歪超格子で挿入することが好ましい。 $x$ および $y$ の値は、前記の範囲であることが好ましく、 $z$ の値は $0 \sim 0.35$ であることが好ましい。歪超格子としたときのGaAsもしくは $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ の厚み $t_1$ 、 $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ の厚み $t_2$ および周期 $n$ については、 $10\text{nm} \leq t_1 \leq 30\text{nm}$ 、 $10\text{nm} \leq t_2 \leq 20\text{nm}$ および $3 \leq n \leq 10$ の範囲が好ましく、かつ成長後の表面にクロスハッチが見られない条件にすることが望ましい。

【0009】

【作用】本発明において、バッファ層として挿入した $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 層が移動度向上に寄与するメカニズムについては、現時点では十分に解明できていないが、GaAs基板からの転位の伝播の抑止およ

びヘテロ界面の平坦化に寄与しているものと考えられる。

【0010】

【実施例】以下、図面に示した実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。図1は、本発明の効果を調べるためのHEMT用化合物半導体エピタキシャルウェハの一実施例の断面図である。本実施例は、LEC法で作製した $(100)2^\circ$ オフのGaAs基板17上に、バッファ層16、チャンネル層となる厚さ18nmのノンドープ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層15、スペーサ層となる厚さ8nmのノンドープ $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 層14、キャリア供給層となるSiを $\text{AlGaAs}$ に $10^{12}\text{cm}^{-2}$ 程度の面濃度で吸着させたプレーナードープ層13、キャップ層となる厚さ20nmのノンドープ $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 層12、厚さ10nmのノンドープGaAs層11を積層したものである。実際にデバイスを作製するエピタキシャルウェハでは、GaAs層11にSiを $3 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ドーピングする。バッファ層16は、GaAs基板17側から、厚さ200nmのノンドープGaAs層16c、挿入層16b、厚さ600nmのノンドープGaAs層16aから構成されている。挿入層16bとして歪超格子を用いる場合は、厚さ $t_1$ のノンドープGaAs層又は $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 層と厚さ $t_2$ のノンドープ $\text{In}_x(\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75})_{1-x}\text{As}$ 層を交互に多重に積層して構成し、 $t_1 + t_2$ を1周期として、多周期の構造とする。

【0011】表2は、バッファ層における挿入層16bの構造を示したもので、挿入層16bの構造を種々変えて、 $77^\circ\text{K}$ におけるホール測定によってHEMTの2次元電子ガスのシートキャリア濃度 $n_s$  ( $\text{cm}^{-2}$ )と移動度 $\mu$  ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )を測定した。表2にはその測定結果をも示した。

【0012】

【表2】

(4)

No	挿入層 (16b) の構造	シート抵抗 $n_s$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	移動度 $\mu$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	表面 状態				
比較例	なし							
	1) $\text{In}_{0.09}\text{GaAs}$ 、厚さ40nm	$1.5 \times 10^{13}$	18000	○				
	2) $\text{In}_{0.09}\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 、厚さ20nm	$1.5 \times 10^{13}$	18000	○				
	3) $\text{In}_{0.09}\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 、厚さ20nm	$1.7 \times 10^{13}$	19000	○				
4	4) $\text{In}_{0.09}\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 、厚さ20nm	$1.6 \times 10^{13}$	21000	○				
単 一 層								
1	1) $\text{In}_{0.09}(\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75})_{0.91}\text{As}$ 、厚さ20nm	$1.4 \times 10^{13}$	25000	○				
2	2) $\text{In}_{0.09}(\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75})_{0.91}\text{As}$ 、厚さ20nm	$1.5 \times 10^{13}$	24000	○				
GaAs (厚み $t_1$ )/ $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ (厚み $t_2$ ) 歪超格子								
3	$x=0.20$	$y=0.25$	$t_1=20\text{nm}$	$t_2=15\text{nm}$	3 周期	$1.5 \times 10^{13}$	30000	○
4	$x=0.15$	"	"	"	"	$1.5 \times 10^{13}$	27000	○
5	$x=0.09$	"	"	"	"	$1.6 \times 10^{13}$	27000	○
6	$x=0.09$	$y=0.25$	"	"	5 周期	$1.6 \times 10^{13}$	30000	○
7	$x=0.03$	"	"	"	"	$1.5 \times 10^{13}$	26000	○
8	$x=0.01$	"	"	"	"	$1.6 \times 10^{13}$	24000	○
9	$x=0.03$	$y=0.25$	"	"	10 周期	$1.5 \times 10^{13}$	29000	○
10	$x=0.01$	"	"	"	"	$1.5 \times 10^{13}$	24000	○
11	$x=0.09$	$y=0.25$	"	$t_2=10\text{nm}$	5 周期	$1.5 \times 10^{13}$	28000	○
Al <sub>0.25</sub> Ga <sub>0.75</sub> As (厚み $t_1$ )/ $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ (厚み $t_2$ ) 歪超格子								
12	$x=0.09$	$y=0.25$	$t_1=20\text{nm}$	$t_2=15\text{nm}$	3 周期	$1.4 \times 10^{13}$	27000	○

【0013】表2から以下のことがわかる。

- 1) 比較例1、2の比較から、バッファ層の厚みに移動度は依存しない。従って、挿入層16bを設けることによる厚みの効果はないと考えられる。
- 2) 比較例1、実施例1の比較から、 $\text{In}_{0.09}(\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75})_{0.91}\text{As}$ をバッファ層に挿入することにより移動度が改善することがわかる。比較例1、3の比較から、 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ をバッファ層に挿入しても移動度の改善が見られない。比較例1、4の比較から、 $\text{In}_{0.09}\text{Ga}_{0.91}\text{As}$ をバッファ層に挿入すると移動度の改善は見られるが、実施例1ほどの改善は見られていない。従って、 $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$

中のInとAlの何らかの協力現象が移動度の改善に寄与していると考えられる。

- 3) 実施例1、2の比較から、移動度の改善のAl組成yの依存性は小さい。
- 4)  $\text{GaAs}/\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{As}$ 歪超格子を挿入することで、移動度は著しく改善される(比較例1、実施例3～11の比較)。
- 5) In組成xが大きいほど、移動度は改善される(実施例3～5、6～8、9、10)。但し、歪超格子の構造にも依存するが、In組成xが大きくなるとクロスハッチが見られる(実施例3、6)。
- 6) 上記歪超格子の周期が多い程、移動度は改善される

(5)

(実施例5, 6, 7, 9)。但しIn組成 $x$ が0.01と小さい場合、その効果は小さい。但しIn組成が大きい場合、周期を多くするとクロスハッチが見られる(実施例6)。

7) 実施例6, 11の比較より、In (AlGa) Asを薄くすると移動度の改善は同じレベルで、クロスハッチは見られなくなる。

8) AlGaAs/In (AlGaAs) 歪超格子の挿入についても、先と同様の効果が見られる(実施例5, 12の比較)。

【0014】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、GaAs基板上に、バッファ層、プレーナドープを用いた高電子移動度トランジスタ用積層構造を有するエピタキシャル層を順次形成した化合物半導体エピタキシャルウェハにおいて、前記バッファ層は1層以上のIn $x$ (Al $y$ Ga $1-y$ ) $1-x$ As層( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ )を含むため、チャネル層における2次元電子ガスの

の移動度を基板の特性に左右されず十分大きくできるので、成長方法の異なる種々のGaAs基板もHEMT用エピタキシャルウェハの基板として広く使用できる。

【図面の簡単な説明】

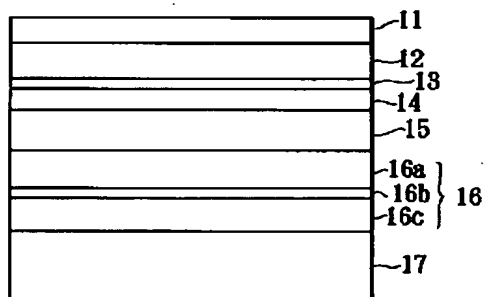
【図1】本発明の効果を調べるためのHEMT用化合物半導体エピタキシャルウェハの一実施例の断面図である。

【図2】HEMTの断面図である。

【符号の説明】

11	GaAs層
12	Al $0.25$ Ga $0.75$ As層
13	プレーナドープ層
14	Al $0.25$ Ga $0.75$ As層
15	In $0.2$ Ga $0.8$ As層
16	バッファ層
16a, 16c	GaAs層
16b	挿入層
17	GaAs基板

【図1】



【図2】

